



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**
10 **DE 197 58 104 A 1**

51 Int. Cl.⁶:
B 62 D 15/02
G 01 D 5/30
G 01 B 11/26

21 Aktenzeichen: 197 58 104.8
22 Anmeldetag: 18. 12. 97
43 Offenlegungstag: 1. 7. 99

DE 197 58 104 A 1

71 Anmelder:
Petri AG, 63743 Aschaffenburg, DE

74 Vertreter:
Maikowski & Ninnemann, Pat.-Anw., 10707 Berlin

61 Zusatz zu: 197 05 312.2

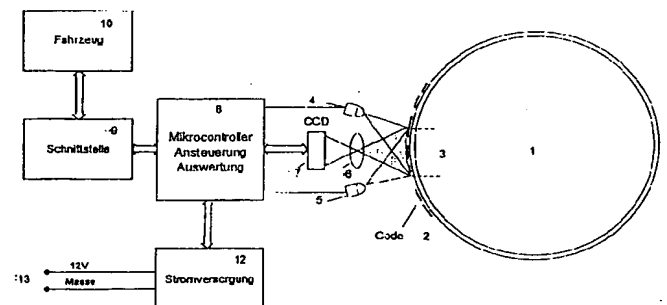
72 Erfinder:
Germuth-Löffler, Michael, 63741 Aschaffenburg,
DE; Spies, Martin, 86558 Hohenwart, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren zur Absolutbestimmung eines Drehwinkels und adaptiver absoluter Winkelsensor

57 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Absolutbestimmung eines Drehwinkels, insbesondere zur Ermittlung des Lenkwinkels in einem Kraftfahrzeug mittels eines über einen Winkelbereich von 360° angebrachten Codes für die Ermittlung des Winkels, wobei der Code und eine Detektoranordnung relativ zueinander drehbar angeordnet sind. Erfindungsgemäß wird der Code mittels einer an einer einzigen Stelle angebrachten Fotodetektoranordnung ermittelt und zur Winkelbestimmung verwendet. Ein zusammenhängendes Segment der Codespur wird auf mindestens eine Fotodetektorzeile abgebildet, wobei mindestens ein Codewort erfaßt wird, dem ein vorbestimmter Winkel entspricht, und die Lage des Codewortes wird bezüglich der festen Position der Fotodetektorzeile vermessen. Der Vorteil dieses Verfahrens besteht darin, daß die Winkelauflösung unabhängig vom Code ist.



DE 197 58 104 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Absolutbestimmung eines Drehwinkles nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie einen adaptiven absoluten Winkelsensor nach dem Oberbegriff des Anspruchs 11.

Aus der EP 0 377 097 B1 ist ein Lenkwinkelsensor für ein Kraftfahrzeug bekannt. Dieser weist einen lenkgradseitig angeordneten Ring auf, der einen einspurigen Streifencode aus zur Lenksäule parallelen Streifen aufweist. Der Streifencode erstreckt sich über 360° und diesem ist eine stationäre Sensoranordnung zugeordnet. Diese weist mehrfach, in Winkelabständen angeordnete Sensoren auf. Die Streifenstruktur bildet einen solchen Code, der im Zusammenwirken mit den Sensoren eine Absolutwerterkennung ermöglicht.

Der Nachteil dieser Anordnung besteht darin, daß eine ausreichende Auflösung von z. B. 0,8 Grad nur mit erheblichem Aufwand möglich ist, da hierfür neun Sensoren im gleichen Winkelabstand vorhanden sein müssen.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, die Bestimmung der absoluten Winkelstellung eines Rotors, insbesondere des Lenkrades eines Kraftfahrzeuges, mit geringerem Aufwand zu ermöglichen.

Erfindungsgemäß wird das gemäß den Merkmalen der Ansprüche 1 und 11 erreicht.

Bei einem Verfahren zur Absolutbestimmung eines Drehwinkels, insbesondere zur Ermittlung des Lenkwinkels in einem Kraftfahrzeug mittels eines über einen Winkelbereich von 360° angebrachten Codes für die Ermittlung des Winkels, wobei der Code und eine Detektoranordnung relativ zueinander drehbar angeordnet sind, wird der Code mittels einer an einer einzigen Stelle angebrachten Fotodetektoranordnung ermittelt und zur Winkelbestimmung verwendet, und ein zusammenhängendes Segment der Codespur wird auf mindestens eine Fotodetektorzeile abgebildet, wobei mindestens ein Codewort erfaßt wird, dem ein vorbestimmter Winkel entspricht, und die Lage des Codewortes bezüglich der festen Position der Fotodetektoranordnung wird vermessen.

Hierzu ist der Code so gewählt, daß er sich über den gesamten Umfang im Betrachtungsbereich der Fotodetektoranordnung nicht wiederholt. Der Code ist einspurig, eindeutig und geschlossen. Das Verfahren weist den Vorteil auf, daß gegenüber bekannten Verfahren die Winkelauflösung nicht von der Auflösung des Codes der Codespur und nicht von der Anzahl der Codeworte sondern nur von der Auflösung der Sensoren der Fotodetektoranordnung abhängt, d. h., daß die Winkelauflösung unabhängig vom Code ist. Ohne die Verwendung der Referenzmarke hängt die Winkelauflösung von der Anzahl der Codeworte ab. Wenn mindestens ein Codewort der Codespur von der Fotodetektoranordnung erfaßt wird, hätte man bei 360 Codeworten eine Winkelauflösung von einem Grad.

Da die Winkelauflösung nicht von der Anzahl der Codeworte abhängt, sollten möglichst wenige Codeworte verwendet werden, um die Sensorempfindlichkeit gegenüber Umwelteinflüssen, wie z. B. Verschmutzung, zu verringern. Das wird z. B. durch die Verwendung von 6-Bit- oder 7-Bit-Codes anstelle von 8-Bit-Codes erreicht.

Das Vermessen wird softwaremäßig in einem Mikrocontroller vorgenommen, der hierzu die Bilddaten der Fotodetektoranordnung verwendet.

Zur weiteren Erhöhung der Auflösung können mindestens zwei unterschiedliche Abbildungen eines oder mehrerer Umfangscodes auf die Fotodetektoranordnung abgebildet werden.

Die Codespur kann mit parallelem Licht durchleuchtet

oder von einer Seite beleuchtet werden.

In einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens ist vorgesehen, daß der Code über eine Optik so auf die Fotodetektorzeile abgebildet wird, daß mit einem Auslesezyklus der Zeile sowohl die absolute Winkelinformation ermittelt als auch die Gesamtfunktion des Systems überprüft und angepaßt wird.

Zur Überwachung der Systemfunktionen kann mindestens ein Referenzschattenbild auf die Fotodetektorzeile projiziert werden. Bei Verschmutzungen im Bereich optischer Komponenten kann dann z. B. die Leistung der Lichtquellen durch Erhöhung des Steuerstromes leicht angepaßt werden. Auch der Ausfall von einzelnen Detektoren der Fotodetektoranordnung wird bemerkt und kann durch rechnerische Maßnahmen ausgeglichen werden. Die Referenzschattenbilder können durch eine entsprechende Software sowohl zyklisch als auch durch individuelles Einschalten einer rechnergesteuerten Überwachungseinrichtung erzeugt werden.

Weiterhin ist es möglich, daß für den Ausgleich optischer und mechanischer Toleranzen die Flankensteilheit und Abbildungsgröße der auf der Detektorzeile abgebildeten Signale ausgewertet werden.

Der Winkelbereich wird innerhalb 0° bis 360° über die Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeugs ermittelt. Zur Erfassung des absoluten Lenkwinkels auch bei abgeschalteten Fahrzeugsystemen wird der Lenkwinkel durch kurzes Einschalten des Lenkwinkelsensors in Zeitintervallen, in denen keine Drehung vorzugsweise größer 180° möglich ist, ermittelt.

Dadurch, daß mit einer einzigen Fotodetektoranordnung der Winkel im Bereich von 360° sehr schnell ausgewertet werden kann, ist das System durch einfaches Mitregistrieren der 360° Überschreitung und damit für mehrere Umdrehungen geeignet. Um das nicht nur für den Fahrbetrieb zu gewährleisten, muß das System im Standbybetrieb jeweils kurzzeitig eingeschaltet werden, wobei die Einschaltintervalle so gewählt werden, daß in diesem Intervall keine Lenkdradrehung größer 360° möglich ist. Da das System zur Datenübertragung eine Schnittstelle zum Fahrzeugrechner hat, kann von dort aus die Fahrzeuggeschwindigkeit übernommen werden, um den Nullbereich des Lenkwinkels zu definieren, denn ab einer bestimmten Geschwindigkeit ist bei normalen Fahrzeugen kein Lenkwinkel über z. B. $\pm 90^\circ$ von der Nullstellung aus fahrbar.

Bei einem adaptiven absoluten Winkelsensor, insbesondere zur Ermittlung des Lenkwinkels in einem Kraftfahrzeug unter Verwendung eines auf einem Kreisring über einen Winkelbereich von 360° angebrachten Codes für die Ermittlung des Winkels, wobei der Code und eine Detektoranordnung relativ zueinander drehbar angeordnet sind, ist erfindungsgemäß mindestens eine Lichtquelle für die Beleuchtung eines Winkelbereichs des Codes vorgesehen, und es ist eine Fotodetektoranordnung für die Erfassung des beleuchteten Winkelbereichs des Codes vorgesehen, wobei die Lichtquelle und der Fotodetektoranordnung ein Mikrocontroller zugeordnet ist.

In einer ersten Ausführungsform sind als Lichtquelle zwei lichtemittierende Dioden symmetrisch zur optischen Achse angeordnet, wobei diese zusammen mit der Fotodetektoranordnung und einer Optik auf derselben Seite des Kreisringes vorgesehen sind.

In einer zweiten Ausführungsform ist ein an hellen Stellen des Codes lichtdurchlässiger kreisförmiger Codierring vorgesehen. Weiterhin sind mindestens eine lichtemittierende Diode auf einer Seite des Codierrings und die Fotodetektoranordnung auf der anderen Seite des Codierrings angeordnet. Eine Optik ist vorzugsweise auf der Seite der

lichtemittierenden Diode vorgesehen.

Zur Erhöhung der Sicherheit des Winkelsensors und zur Erfassung von Codefehlern ist in einer weiteren Ausgestaltung vorgesehen, daß die Fotodetektoranordnung zwei Sensoren aufweist, die bezüglich des Verlaufs der Codespur zu deren synchronen Betrachtung vertikal übereinander angeordnet sind und daß die Bilder beider Sensoren miteinander verglichen werden. Durch den Vergleich der beiden Bilder können lokale Verschmutzungspartikel (Code, Optik) sowie Sensorfehler erkannt werden. Als Sensoren können zwei Zeilensensoren oder zwei übereinanderliegende Abschnitte eines Flächensensors vorgesehen sein.

In einer weiteren Ausgestaltung sind zwei Sensoren zur synchronen Registrierung benachbarter Codeworte der Codespur horizontal nebeneinander angeordnet.

Als Fotodetektoren sind vorzugsweise ladungsgekoppelte Elemente (CCD) vorgesehen.

Die Hell-Dunkel-Linien der Codeworte sollten zur weiteren Verringerung der Sensorempfindlichkeit gegenüber Umwelteinflüssen möglichst großen Abmessungen haben. Vorzugsweise weisen die Hell-Dunkel-Linien der Codeworte eine Breite von 2 bis 3 mm auf.

In einer Ausführungsform ist vorgesehen, daß zwischen Lichtquelle und dem transparenten Codiererring eine Mattscheibe angeordnet ist, und daß die Optik und die Fotodetektoranordnung auf der anderen Seite des Codierendes vorgesehen sind.

In einer weiteren Ausführungsform weist ein transparenter Codiererring abschnittsweise nebeneinander liegende Zylinderlinsen zur Erzeugung des Codes und Abbildung der Lichtquellen auf der Fotodetektoranordnung auf. Bei dieser Ausführungsform wird eine zusätzliche Optik eingespart. Durch die Zylinderlinsen entstehen Streifen unterschiedlicher Helligkeit auf dem Fotodetektorarray.

In einer weiteren Ausgestaltung ist vorgesehen, daß der Codiererring einen prismatischen Querschnitt aufweist, wobei eine in axialer Richtung des Codierendes strahlende Lichtquelle angeordnet ist.

In einer weiteren Ausführungsform sind auf einem transparenten Codiererring abschnittsweise nebeneinanderliegende Zylinder oder Linsen zur Erzeugung des Codes und Abbildung der Lichtquellen auf der Fotodetektoranordnung angeordnet, wobei sich die Zylinder in axialer Richtung des Codierendes erstrecken und mit einer Stirnfläche auf dem Codierend befestigt sind und den Lichtquellen zugeordnet sind und mit ihrer anderen, freiliegenden Stirnflächen der Fotodetektoranordnung zugeordnet sind. Durch Bereiche mit und ohne Zylinder und Gestaltung der Dichte bzw. mit und ohne Linsen kann ein Code aufgebracht und entsprechend detektiert werden. Die freiliegenden Stirnflächen der Zylinder sind zweckmäßig plan oder linsenförmig ausgebildet.

In einer Ausführungsform ist dem transparenten Codiererring, der lichtdurchlässige Bereiche und lichtundurchlässige Bereiche aufweist, mindestens eine punktförmige Lichtquelle zugeordnet. In einer ersten Ausgestaltung sind zwei punktförmige Lichtquellen nebeneinander in konstantem Abstand sowie eine einzige Fotodetektoranordnung vorgesehen. Diese Anordnung weist den Vorteil auf, daß trotz der Änderung des radialen Abstandes des Codierendes durch radialen Schlag des Lenkrades oder trotz Änderung des Abstandes der Komponenten untereinander durch mechanische oder thermische Einflüsse infolge der unterschiedlichen Schattenbildung der beiden Lichtquellen, deren Abstand konstant bleibt, die Lage und Winkellage des Codes auf der Fotodetektoranordnung genau detektiert werden kann.

Die gleiche vorteilhafte Wirkung kann dadurch erzielt werden, daß eine punktförmige Lichtquelle und zwei in unterschiedlichem Abstand zur Lichtquelle übereinander an-

geordnete Fotodetektorzeilen vorgesehen sind.

In einer weiteren Ausgestaltung ist vorgesehen, daß dem winkelbestimmenden Code auf dem Codierend mindestens ein Referenzcode zugeordnet ist. Dabei kann der Referenzcode neben dem winkelbestimmenden Code angeordnet sein, oder oberhalb und unterhalb des winkelbestimmenden Codes vorgesehen sein.

Die Erfindung soll in Ausführungsbeispielen anhand von Zeichnungen erläutert werden. Es zeigen:

Fig. 1 den prinzipiellen Aufbau eines Lenkwinkelsensors zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens in einer Auflichtvariante;

Fig. 1a die Draufsicht auf einen Abschnitt der Codespur;

Fig. 2 die Zuordnung der fotoempfindlichen Zellen einer CCD-Zeile zu den Spannungsamplituden;

Fig. 3 eine Ausführungsform des Lenkwinkelsensors, bei dem zusätzlich ein Schattenbild auf eine CCD-Zeile projiziert wird;

Fig. 4 eine Draufsicht auf einen Code mit einem Grob- und einem Feinbereich;

Fig. 4a einen Schnitt durch die Codeanordnung mit zugehörigen optischen Baugruppen.

Fig. 5 eine Durchlichtvariante des Lenkwinkelsensors;

Fig. 5a die Draufsicht auf einen Abschnitt der Codespur;

Fig. 6 eine Ausführungsform des Lenkwinkelsensors mit zwei senkrecht übereinander liegenden CCD-Zeilen, denen eine Codespur zugeordnet ist;

Fig. 6a eine Seitenansicht der Ausführungsform der Fig. 6;

Fig. 7 eine Ausführungsform des Lenkwinkelsensors mit zwei senkrecht übereinander liegenden CCD-Zeilen, denen je eine Code-Spur zugeordnet ist;

Fig. 7a eine Seitenansicht der Ausführungsform der Fig. 7;

Fig. 8 eine Ausführungsform des Lenkwinkelsensors mit zwei waagrecht nebeneinander liegenden CCD-Zeilen;

Fig. 9 eine Ausführungsform mit eingespritzten Codierungen in einem Kunststoffring;

Fig. 10a,b eine Ausführungsform der Codierung mittels Zylinderlinsen;

Fig. 11 einen Codierend mit prismatischem Querschnitt;

Fig. 12a einen Codierend mit Zylindern;

Fig. 12b einen Codierend mit direkt auf diesem angeordneten Linsen;

Fig. 13 einen Codierend mit einer Laserdiode als Lichtquelle;

Fig. 14a,b einen Codierend mit zwei Laserdioden als Lichtquelle;

Fig. 15a,b einen Codierend mit einer Laserdiode und zwei nachgeordneten CCD-Zeilen;

Fig. 16 die Kombination eines winkelbestimmenden Codes mit einem daneben liegenden Referenzcode;

Fig. 17 die Kombination eines winkelbestimmenden Codes mit darüber und darunter liegendem Referenzcode;

Fig. 18 die Zuordnung der Beleuchtung und der CCD-Zeile zur Kombination nach Fig. 17;

Fig. 19 das durch die Anordnung nach Fig. 19 erzeugte Signal.

Auf dem Umfang von 360° eines drehbaren Kreisringes 1 einer Lenkeinrichtung ist ein digitaler, einspuriger Code 2 angebracht. Der Code ist so ausgestaltet, daß er sich über den gesamten Umfang in einem Betrachtungsbereich 3 nicht wiederholt. Er kann als einspurig, eindeutig und geschlossen bezeichnet werden. Für die Ermittlung des absoluten Lenkwinkels innerhalb von 360° reicht damit dieser einspurige Code.

Der Betrachtungsbereich 3 wird durch lichtemittierende Dioden 4 und 5 beleuchtet und über eine Optik 6 auf eine

Fotodetektorzeile 7 abgebildet. Diese Fotodetektorzeile ist als ladungsgekoppelte Detektorzeile (CCD-Zeile) ausgeführt. Der Code 2 im Betrachtungsbereich 3 ist gemäß der Fig. 1a als Schwarzweiß-Code ausgeführt. Der Code wird als Kontrastunterschied von der Fotodetektorzeile auf einen Mikrocontroller 8 gegeben. Dieser wertet die Kontrastunterschiede aus, dekodiert sie und gibt die Drehwinkelposition über eine Schnittstelle 9 an das Fahrzeug 10 weiter.

Die gesamte Einheit wird über eine Stromversorgung 12 aus dem 12 Volt Fahrzeugnetz 13 versorgt.

Zur Erfassung der Winkelposition wird bei diesem Verfahren ein zusammenhängendes Segment der Codespur, nämlich der Betrachtungsbereich 3, auf die Fotodetektorzeile 7 abgebildet. Innerhalb von 0 bis 360° kann der absolute Lenkwinkel eindeutig mit einer vom gewählten Code abhängigen Auflösung bestimmt werden. Der Betrachtungsbereich wird so gewählt, daß mindestens ein Codewort 29 (Fig. 2) der Codespur von der CCD-Zeile 7 erfaßt wird. Jedes Codewort entspricht einem Lenkwinkel, wobei die Winkelauflösung von der Anzahl der Codewörter abhängt. Bei 360 Codewörtern hat man eine Auflösung von einem Grad. Auf diese Weise wird der Grobwinkel bestimmt.

Bei diesem Verfahren wird eine hohe Auflösung, d. h. eine Feinwinkelbestimmung, unabhängig von der Auflösung des Codes der Codespur und der Anzahl der Codewörter erzielt. Dazu wird gemäß der Fig. 2 in dem Betrachtungsbereich 3 die Position vom Anfang 25 und vom Ende 26 eines Codewortes 29 bezüglich einer festen Referenzmarke 28 des feststehenden Fotodetektors vermessen. Die Referenzmarke ist in diesem Ausführungsbeispiel beim Pixel Nr. 64 vorgesehen. Das Vermessen erfolgt rein softwaremäßig im Mikrocontroller 8, der hierzu die Bilddaten der Fotodetektorzeile 7 verwendet.

Als Ergebnis erhält man die Lage 27 des Codewortes bezüglich der Referenzmarke 28 der Fotodetektorzeile 7, gemessen mit der Auflösung des Fotodetektors. Die Lage bzw. die Entfernung des Codewortes zur Referenzmarke und damit die Winkelauflösung des Lenkwinkelsensors ist damit nur von der Auflösung abhängig, mit der die Fotodetektorzeile den Betrachtungsbereich auflöst. Im Ausführungsbeispiel hat die Fotodetektorzeile 128 Bildpunkte, womit Lenkwinkelauflösungen von $< 0,2^\circ$ erreicht werden.

Der absolute Winkel setzt sich somit aus dem Codewort und der Lage des Codewortes zur Fotodetektorzeile zusammen.

Da die Auflösung des Lenkwinkelsensors unter der Voraussetzung, daß der Betrachtungsbereich 3 mindestens ein Codewort erfaßt, nur von der Auflösung der Fotodetektorzeile abhängt, können die Hell/Dunkel-Linien des Codewortes große Abmessungen haben, z. B. 2–3 mm. Es ist zweckmäßig, einen Code mit möglichst wenigen Codewörtern zu verwenden. Das wird z. B. durch die Verwendung von 6 Bit- bzw. 7 Bit-Codes anstelle von z. B. 8 Bit-Codes erreicht. Dadurch wird die Sensorempfindlichkeit gegenüber Umwelteinflüssen, wie z. B. Verschmutzung, verringert.

In der Fig. 2 sind auf der x-Achse 21 die lineare Zuordnung der fotoempfindlichen Zellen der CCD-Zeile im Betrachtungsbereich und auf der y-Achse 22 die zugehörigen Spannungsamplituden dargestellt. Ist der Code im Betrachtungsbereich 3 sehr gut auf die Fotodetektorzeile 7 abgebildet, ergeben sich sehr deutliche Kontrastunterschiede mit entsprechend scharfen Abgrenzungen. Ist die Abbildung aufgrund einer zu großen radialen Toleranz oder wegen Verschmutzung unscharf, ergibt sich ein Rohsignal der Fotodetektorzeile 7, dessen Verlauf dem Graphen 23 entspricht. Durch eine bekannte Kurvenanalyse und Bewertung im Mikrocontroller 8 wird der Code rekonstruiert, so daß anschließend der Signalzug 24 vorliegt. Durch die Auswertung der

Amplituden in Abhängigkeit von der Zahl der Fotodetektoren der Fotodetektorzeile 7 kann bei fortschreitender Verschmutzung oder bei Alterung der Bauteile die Verstärkung erhöht werden oder die Leuchtdichte an den Dioden 4 und 5 entsprechend adaptiv eingestellt werden. Diese Einstellungen können auch über den Umfang oder den Betrachtungsbereich angepaßt werden. Axiale Toleranzen werden einfach über die Höhe der Codespur 2 ausgeglichen.

Zur weiteren Erhöhung der Empfindlichkeit kann der Lenkwinkelsensor gemäß den Fig. 4 und 4a weiter ausgestaltet werden. Der Code auf einem Umfang 41 ist in einen oberen groben Bereich 42 zur Erkennung der 0 bis 360° und in einen unteren feinen Bereich 43 aufgeteilt. Auf die Fotodetektorzeile 7 wird zur Ermittlung des Grobwinkels der über eine lichtemittierende Diode 45 beleuchtete grobe Codebereich 42 über eine Optik 47 abgebildet. Anschließend wird der feine Codebereich 43 mittels einer lichtemittierenden Diode 46 beleuchtet und ein kleinerer Ausschnitt über eine Optik 48 auf die Fotodetektorzeile 7 abgebildet. Dieser kleinere Ausschnitt kann wiederum einen Code beinhalten, der $\pm 10^\circ$ abdeckt. Beide Optiken sind durch eine Blende 44 getrennt. Durch die Abbildung eines kleineren Ausschnittes kann die Auflösung und Genauigkeit entsprechend erhöht werden.

Eine weitere Ausführungsform des Lenkwinkelsensors ist in Fig. 3 dargestellt. Die Anordnung entspricht der der Fig. 1, jedoch ist zur Prüfung des Gesamtsystems ein Überwachungs- und Schnittstellenmikroprozessor 11 vorgesehen, in dem eine Software installiert ist, die entweder beim Einschalten und/oder zyklisch eine oder mehrere lichtemittierende Dioden 32 und 33 einschaltet, die über eine Maske 34 auf die Fotodetektorzeile 7 abgebildet werden. Durch sequentielles Einschalten der Dioden 32 und 33 werden auf der Fotodetektorzeile nacheinander ein Schattenbild oder mehrere Schattenbilder erzeugt. Damit kann die Funktion der Gesamtanordnung über alle Komponenten geprüft werden. Bei Verschmutzungen im Bereich der optischen Komponenten kann dann z. B. die Lichtleistung der lichtemittierenden Dioden 4 und 5 durch entsprechende Erhöhung des Steuerstromes leicht angepaßt werden. Auch der Ausfall einzelner Detektoren der Fotodetektorzeile wird bemerkt und kann durch rechnerische Maßnahmen ausgeglichen werden.

Während der gesamten Betriebszeit, in der die Messungen des Lenkwinkels stattfinden, ist es möglich, durch Auswertung der Anstiegs- und Abfallzeiten der Signale gemäß Fig. 2, der Amplituden der Signale sowie der Abbildung des Codes 2 das Gesamtsystem nicht nur im Sinne einer Diagnose zu überwachen, sondern auch Toleranzen auszugleichen und die Genauigkeit über nahezu alle Betriebseinflüsse zu erhalten.

Während in der Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel des Lenkwinkelsensors dargestellt ist, der mit Auflicht arbeitet, zeigt die Fig. 5 einen Sensor, der mit Durchlicht arbeitet. In diesem Fall ist ein Kreisring 54 im Bereich der Hell-Linien eines Codes 53 lichtdurchlässig. Im Inneren des Ringes ist eine lichtemittierende Diode 52 und eine Optik 55 angeordnet. Beiden ist außerhalb des Kreisringes eine Fotodetektorzeile 51 zugeordnet. Der Code 53 gemäß der Fig. 5a entspricht dem Code der Fig. 1a. Die Codespur wird in diesem Fall mit parallelem Licht durchleuchtet.

Im Ausführungsbeispiel der Fig. 6 und 6a sind zwei Zeilensensoren 65 und 66 vorgesehen, die dieselbe Codespur 62 an verschiedenen Stellen betrachten. Beide sind bezüglich des Verlaufs der Codespur vertikal angeordnet und erfassen den Betrachtungsbereich 63 synchron aber an verschiedenen Positionen 67, 68.

Durch den Vergleich der beiden Bilder können lokale Ver-

schnutzungsartikel, z. B. auf dem Code oder der Optik, sowie Sensorfehler erkannt werden. Anstelle zweier einzeiliger Zeilensensoren 65 und 66 kann auch ein Flächensensor 61 für diese Funktion verwendet werden.

Beim Ausführungsbeispiel der Fig. 7 und 7a ist ein Code 73 mit zwei Spuren 71, 72 vorgesehen, wie es aus der Fig. 7a ersichtlich ist. Jede der beiden Codespuren wird mit einem Zeilensensor 65, 66 oder unterschiedlichen Zeilen eines Flächensensors 61 betrachtet. Der Code der zweiten Codespur kann nun z. B. invers zu dem der ersten Codespur sein, so daß sich durch einfache Subtraktion der Meßwerte im Mikrocontroller 8 eine einfache Kontrolle des Sensoreinganges ergibt.

Eine weitere Anordnung ist in der Fig. 8 dargestellt. Zur Erhöhung der Sensorsicherheit ist in diesem Ausführungsbeispiel ein zweiter CCD-Sensor 85 horizontal neben dem ersten CCD-Sensor 84 plazierte. Durch die horizontale Anordnung werden verschiedene Codeworte an zwei unterschiedlichen Stellen der Codespur 82 registriert. Die Differenz der Meßergebnisse beider CCD-Sensoren muß den Differenzbetrachtungswinkel beider Fotodetektoren zur Codespur ergeben. Dieser Winkel ist aufgrund der Position der CCD-Sensoren bekannt.

Anstelle eines zweiten CCD-Sensors kann auch ein entsprechend größerer linearer CCD-Sensor verwendet werden. Desweiteren ist die Zusammenfassung zweier Fotodetektorzeilen in einer integrierten Schaltung 81 mit einem gemeinsamen Gehäuse möglich.

Im Ausführungsbeispiel der Fig. 9 werden eine oder mehrere LED's 86 direkt oder über eine Mattscheibe 87 über eine Optik 88 auf eine Fotodetektoranordnung 89 abgebildet. Die Codierung besteht aus einem Ring 90, bei dem lichtdurchlässige Winkelbereiche 91 und lichtundurchlässige Winkelbereiche 92 durch eingespritzte Aussparungen oder durch entsprechend lichtdurchlässige und lichtundurchlässige Kunststoffe erzeugt werden.

Beim Ausführungsbeispiel der Fig. 10a und b werden eine oder mehrere LED's 86 direkt oder über die Mattscheibe 87 oder Fresnellinse mittels einer Anordnung von gleichartigen oder unterschiedlich gestalteten Zylinderlinsen 93 ohne weitere Optik auf dem Fotodetektorarray 89 abgebildet. Durch die Zylinderlinsen 93 entstehen Streifen unterschiedlicher Helligkeit auf der Fotodetektoranordnung 89. Durch entsprechende Anordnung und Verteilung der Zylinderlinsen 93 auf dem aus einem transparentem Medium gefertigten Codiererring 94 wird ein entsprechender Code erzeugt, der zur Abstandung des Lenkwinkels dient. Die Anordnung der Zylinderlinsen ist in Fig. 10b gezeigt.

Anstelle der Abbildung der LED's auf eine Mattscheibe wie in den Fig. 9 und 10 kann ein Codiererring 95 so ausgeführt werden, daß er aus einer prismatischen Anordnung besteht, bei der eine oder mehrere LED's 86 z. B. axial die Anordnung bestrahlen (Fig. 11). Die Umlenkung der Lichtstrahlen geschieht an der Hypotenuse 95a des Prismas. Der radiale Lichtaustritt am Umfang des Codierringes 95 ist so gestaltet, daß sich dort quasi plane Flächenbereiche 96 und Zylinderlinsenanordnungen 93 befinden. Durch die planen Flächen entsteht ein homogener Lichtaustritt auf die radial angebrachte Fotodetektoranordnung 89. Durch die Zylinderlinsen 93 entstehen auf der Fotodetektoranordnung 89 Bereiche niedriger und hoher Leuchtdichte. Die Codierung zur Lenkwinkelbestimmung erfolgt durch entsprechende Verteilung der quasi planen Flächen und durch die gleichartig oder unterschiedlich gestalteten Zylinderlinsen.

Bei einer weiteren Ausführungsform nach Fig. 12a wird in axialer Richtung Licht über LED's 86 in einen transparenten Codiererring 97 eingestrahlt und dieser Codiererring weist eine Anzahl von Zylindern 98 auf, die an einem Ende direkt

mit dem Codiererring verbunden sind und am anderen Ende entweder plan oder linsenförmig gestaltet sind. Damit wird an jedem dieser Zylinder eine entsprechende Leuchtdichte auftreten, die über die Fotodetektoranordnung 89 detektiert werden kann. Durch Bereiche mit und ohne Zylinder und Gestaltung der Dichte kann ein Code aufgebracht und entsprechend detektiert werden. Eine Variante dieser Ausführungsform zeigt die Fig. 12b, bei der anstelle der Zylinder 98 Linsen 99 direkt auf dem Codierring 97 vorgesehen sind. Die Wirkung entspricht der der vorher beschriebenen Anordnung mit Zylindern.

Neben den in den Figuren gezeigten Ausführungsformen, die als Beispiel für die erfindungsgemäße Ausführung dienen, können die Anordnungen in radialer oder axialer Form gestaltet werden, wobei die Richtung des Lichtdurchtritts in beiden möglichen Richtungen gewählt werden kann.

Beim Ausführungsbeispiel der Fig. 13 ist keine Linsenanordnung erforderlich. Eine nahezu punktförmige Lichtquelle, z. B. durch Verwendung einer Laserdiode 101 mit einer lichtemittierenden Fläche von z. B. $2\mu \times 3\mu$ mit der Sperrschicht z. B. parallel zur Achse beleuchtet den Codierring 90, der aus den lichtdurchlässigen Bereichen 91 und den lichtundurchlässigen Bereichen 92 besteht. Hinter dem Codierring 90 ist eine lineare Fotodetektoranordnung 89 vorgesehen, auf der bei den lichtdurchlässigen Bereichen eine Leuchtdichte Verteilung durch die Codierung entsteht. Diese Leuchtdichte Verteilung wird ausgewertet.

Die Anordnung nach Fig. 13 kann durch die Anwendung von zwei nebeneinander, in bekanntem Abstand angebrachten Laserdioden 101 und 102 verbessert werden, wie es in Fig. 14a und b dargestellt ist. Die Auswertung erfolgt wie bei der Ausführungsform der Fig. 13 beschrieben. Ändert sich jedoch der radiale Abstand des Codierringes 90 durch radialen Schlag des Lenkrades oder ändert sich durch mechanische oder thermische Einflüsse der Abstand der Komponenten untereinander, was in der Fig. 14a durch die Pos. 1 und 2 der Fotodetektoranordnung angedeutet ist, so kann durch die unterschiedliche Schattenbildung der beiden Laserdioden 101 und 102, deren Abstand konstant bleibt, auf der Fotodetektoranordnung 89 trotzdem die Lage und Winkellage des Codes genau detektiert werden. Dabei können die Laserdioden 101 und 102 schnell nacheinander angeregt werden, wobei die Zeit so kurz gewählt ist, z. B. $10\mu\text{s}$ – $100\mu\text{s}$, daß in dieser Zeit keine die Genauigkeit einschränkende Winkeländerung am Lenkrad auftritt. Anstatt der Laserdioden ist natürlich auch eine monolithische LED in Doppel- oder Dreifachanordnung einsetzbar, bei der lichtemittierende Flächen mit sehr kleiner Ausdehnung in axialer Richtung durch entsprechende Masken erzeugt werden.

Der gleiche Effekt wird auch durch Verwendung einer einzigen Laserdiode 101 oder LED erzielt, wenn die Schattenabbildung auf zwei Fotodetektorzeilen 103 und 104 erfolgt, die in unterschiedlichem Abstand vom Codierring 90 angebracht sind (Fig. 15a und 15b). Durch die Verhältnisse der Schattenstruktur kann der Code genau ermittelt werden. Durch die absolute Ausdehnung des Codes auf den Fotodetektorzeilen wird der Abstand des Codierringes bei axialem Schlag ermittelt.

Die Ausführungsform der Fig. 16 zeigt eine Kombination eines winkelbestimmenden Codes 105 mit einem Referenzcode 106. Über die Projektion des Codes über eine Länge, die mindestens den Winkelcode und den Referenzcode überdeckt, kann sowohl der Winkel ausgewertet werden, als auch über den Referenzcode einerseits das CCD oder die Fotodetektoranordnung geprüft werden, andererseits über die bekannten Abstände des Referenzcodes der Abstand und der genaue Winkel bestimmt werden.

Der winkelbestimmende Code 105 kann auch parallel

zum Referenzcode 106 aufgebracht werden, wie es in der Fig. 17 dargestellt ist. Wird der Referenzcode 106, so wie hier gezeigt, oben und unten am Rand der Winkelcodierungen aufgebracht, so wirkt sich eine axiale Toleranz auf die Abbildung des Referenzcodes 106 nicht aus.

Beide Codes können gemeinsam abgebildet und mittels LED's 86 beleuchtet werden, wie es aus Fig. 18 ersichtlich ist. Damit kann an der Fotodetektoranordnung 89 ein Winkelsignal 107 und Referenzsignal 108 entsprechend der Fig. 19 erzeugt und ausgewertet werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Absolutbestimmung eines Drehwinkels, insbesondere zur Ermittlung des Lenkwinkels in einem Kraftfahrzeug mittels eines über einen Winkelbereich von 360° angebrachten Codes für die Ermittlung des Winkels, wobei der Code und eine Detektoranordnung relativ zueinander drehbar angeordnet sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Code mittels einer an einer einzigen Stelle angebrachten Fotodetektoranordnung ermittelt und zur Winkelbestimmung verwendet wird, daß ein zusammenhängendes Segment der Codespur auf mindestens eine Fotodetektorzeile abgebildet wird, wobei mindestens ein Codewort erfaßt wird, dem ein vorbestimmter Winkel entspricht, und daß die Lage des Codewortes bezüglich der festen Position der Fotodetektorzeile vermessen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Vermessen softwaremäßig in einem Mikrocontroller vorgenommen wird, der hierzu die Bilddaten der Fotodetektorzeile verwendet.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erhöhung der Auflösung mindestens zwei unterschiedliche Abbildungen eines oder mehrerer Umfangscodes auf die Fotodetektorzeile abgebildet werden.
4. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein 6-Bit oder 7-Bit-Codewort verwendet wird.
5. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Codespur mit parallelem Licht durchleuchtet oder von einer Seite beleuchtet wird.
6. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Code über eine Optik so auf die Fotodetektorzeile abgebildet wird, daß mit einem Auslesezyklus der Zeile sowohl die absolute Winkelinformation ermittelt als auch die Gesamtfunktion des Systems überprüft und angepaßt wird.
7. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Überwachung der Systemfunktionen mindestens ein Referenzschattenbild auf die Fotodetektorzeile projiziert wird.
8. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß für den Ausgleich optischer und mechanischer Toleranzen die Flankensteilheit und Abbildungsgröße der auf der Detektorzeile abgebildeten Signale ausgewertet werden.
9. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Winkelbereich innerhalb 0° bis 360° über die Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeugs ermittelt wird.
10. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erfassung des absoluten Lenkwinkels auch bei abge-

schalteten Fahrzeugsystemen der Lenkwinkel durch kurzes Einschalten des Lenkwinkelsensors in Zeitintervallen, in denen keine Drehung größer 180° möglich ist, ermittelt wird.

11. Adaptiver absoluter Winkelsensor, insbesondere zur Ermittlung des Lenkwinkels in einem Kraftfahrzeug, unter Verwendung eines auf einem Kreisring über einen Winkelbereich von 360° angebrachten Codes für die Ermittlung des Winkels, wobei der Code und eine Detektoranordnung relativ zueinander drehbar angeordnet sind, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach mindestens einem der Verfahrensansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Lichtquelle (4, 5) für die Beleuchtung eines Winkelbereichs (3) des Codes (2) vorgesehen ist, und daß eine Fotodetektoranordnung (7) für die Erfassung des beleuchteten Winkelbereichs (3) des Codes (2) vorgesehen ist, wobei der Lichtquelle und der Fotodetektoranordnung ein Mikrocontroller (8) zugeordnet ist.

12. Adaptiver absoluter Winkelsensor nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß als Lichtquelle zwei lichtemittierende Dioden (4, 5) symmetrisch zur optischen Achse angeordnet sind, wobei diese zusammen mit der Fotodetektoranordnung (7) und einer Optik (6) auf derselben Seite des Codierings (1) angeordnet sind.

13. Adaptiver absoluter Winkelsensor nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß ein an hellen Stellen des Codes lichtdurchlässiger kreisförmiger Codiering (54) vorgesehen ist, daß mindestens eine lichtemittierende Diode (52) auf einer Seite des Codierings und die Fotodetektoranordnung (51) auf der anderen Seite des Codierings angeordnet ist.

14. Adaptiver absoluter Winkelsensor nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß eine Optik (55) auf der Seite der lichtemittierenden Diode (52) vorgesehen ist.

15. Adaptiver absoluter Winkelsensor nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Fotodetektoranordnung zwei Sensoren (65, 66) aufweist, die bezüglich des Verlaufs der Codespur (62) zu deren synchronen Betrachtung vertikal übereinander angeordnet sind und daß die Bilder (67, 68) beider Sensoren miteinander verglichen werden.

16. Adaptiver absoluter Winkelsensor nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß als Sensoren zwei Zeilensensoren (65, 66) oder zwei übereinanderliegende Abschnitte eines Flächensensors (61) vorgesehen sind.

17. Adaptiver absoluter Winkelsensor nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Sensoren (84, 85) zur synchronen Registrierung benachbarter Codeworte der Codespur (82) horizontal nebeneinander angeordnet sind.

18. Adaptiver absoluter Winkelsensor nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Fotodetektoren ladungsgekoppelte Elemente (CCD) vorgesehen sind.

19. Adaptiver absoluter Winkelsensor nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Hell-Dunkel-Linien der Codeworte eine Breite von 2 bis 3 mm aufweisen.

20. Adaptiver absoluter Winkelsensor nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Lichtquelle (86) und

dem Codiering (90) eine Mattscheibe (87) angeordnet ist, und daß die Optik (88) und die Fotodetektoranordnung (89) auf der anderen Seite des Codieringes (90) vorgesehen sind.

21. Adaptiver absoluter Winkelsensor nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein transparenter Codiering (94) abschnittsweise nebeneinander liegende Zylinderlinsen zur Erzeugung des Codes und Abbildung der Lichtquellen (86) auf der Fotodetektoranordnung (89) aufweist.

22. Adaptiver absoluter Winkelsensor nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Codiering (95) einen prismatischen Querschnitt aufweist, wobei eine in axialer Richtung des Codieringes strahlende Lichtquelle (86) angeordnet ist.

23. Adaptiver absoluter Winkelsensor nach mindestens einem der Ansprüche 11 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß auf einem transparenten Codiering (97) abschnittsweise nebeneinanderliegende Zylinder (98) oder Linsen (99) zur Erzeugung des Codes und Abbildung der Lichtquellen (86) auf der Fotodetektoranordnung (89) vorgesehen sind, wobei sich die Zylinder in axialer Richtung des Codieringes erstrecken und mit einer Stirnfläche auf dem Codiering befestigt sind und den Lichtquellen zugeordnet sind und mit ihrer anderen, freiliegenden Stirnfläche der Fotodetektoranordnung (89) zugeordnet sind.

24. Adaptiver absoluter Winkelsensor nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß die freiliegenden Stirnflächen der Zylinder plan sind oder linsenförmig ausgebildet sind.

25. Adaptiver absoluter Winkelsensor nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß dem transparenten Codiering (90), der lichtdurchlässige Bereiche (91) und lichtundurchlässige Bereiche (92) aufweist, mindestens eine punktförmige Lichtquelle (101, 102) zugeordnet ist.

26. Adaptiver absoluter Winkelsensor nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß zwei punktförmige Lichtquellen (101, 102) nebeneinander in konstantem Abstand und eine einzige Fotodetektoranordnung (89) vorgesehen sind.

27. Adaptiver absoluter Winkelsensor nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß eine punktförmige Lichtquelle (101) und zwei in unterschiedlichem Abstand zur Lichtquelle (101) übereinander angeordnete Fotodetektorzeilen (103, 104) vorgesehen sind.

28. Adaptiver absoluter Winkelsensor nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Codiering dem winkelbestimmenden Code (105) mindestens ein Referenzcode (106) zugeordnet ist.

29. Adaptiver absoluter Winkelsensor nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß der Referenzcode (106) neben dem winkelbestimmenden Code (105) angeordnet ist.

30. Adaptiver absoluter Winkelsensor nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß der Referenzcode (106) oberhalb und unterhalb des winkelbestimmenden Codes (105) vorgesehen ist.

- Leerseite -

Fig. 1

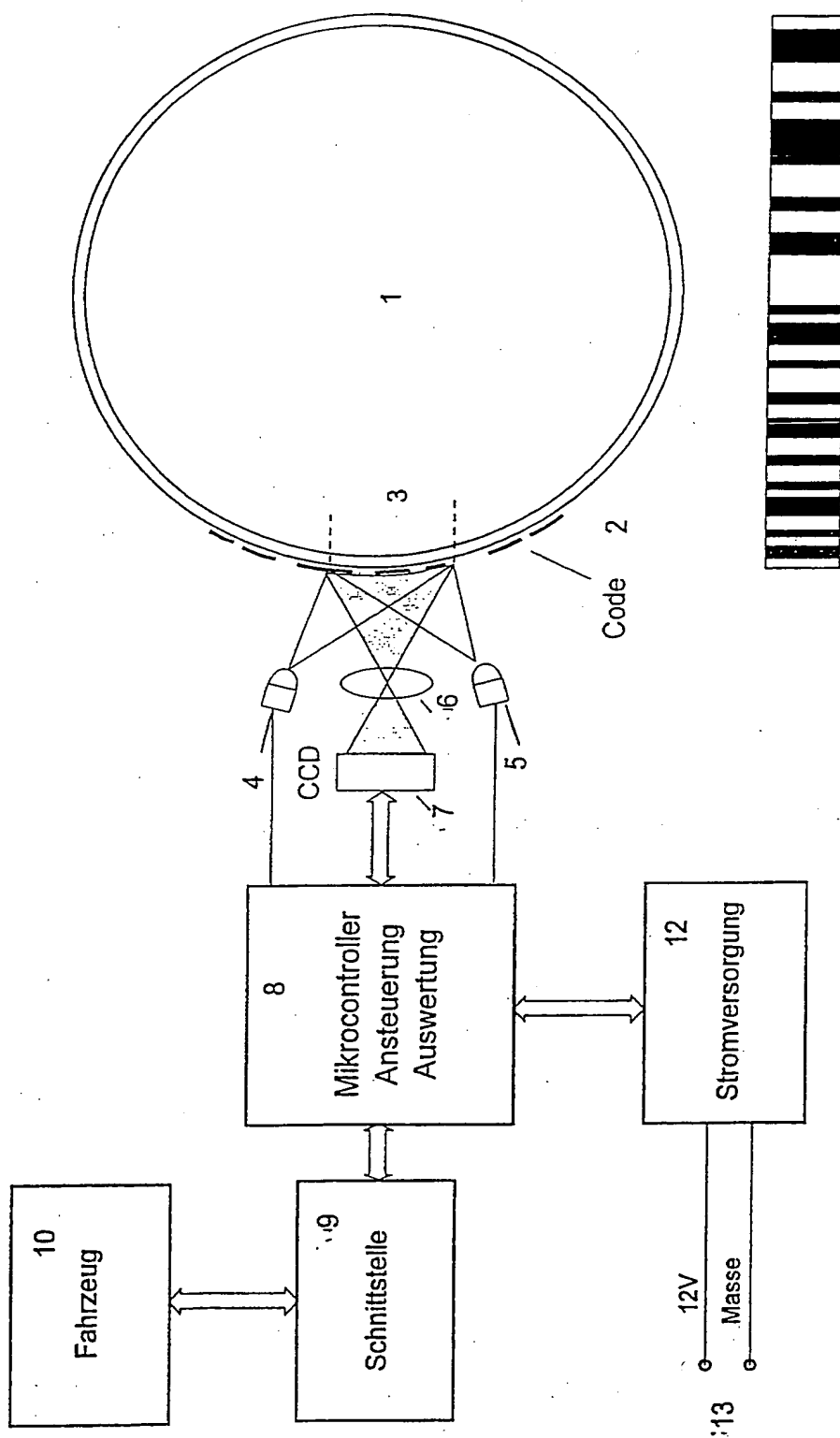
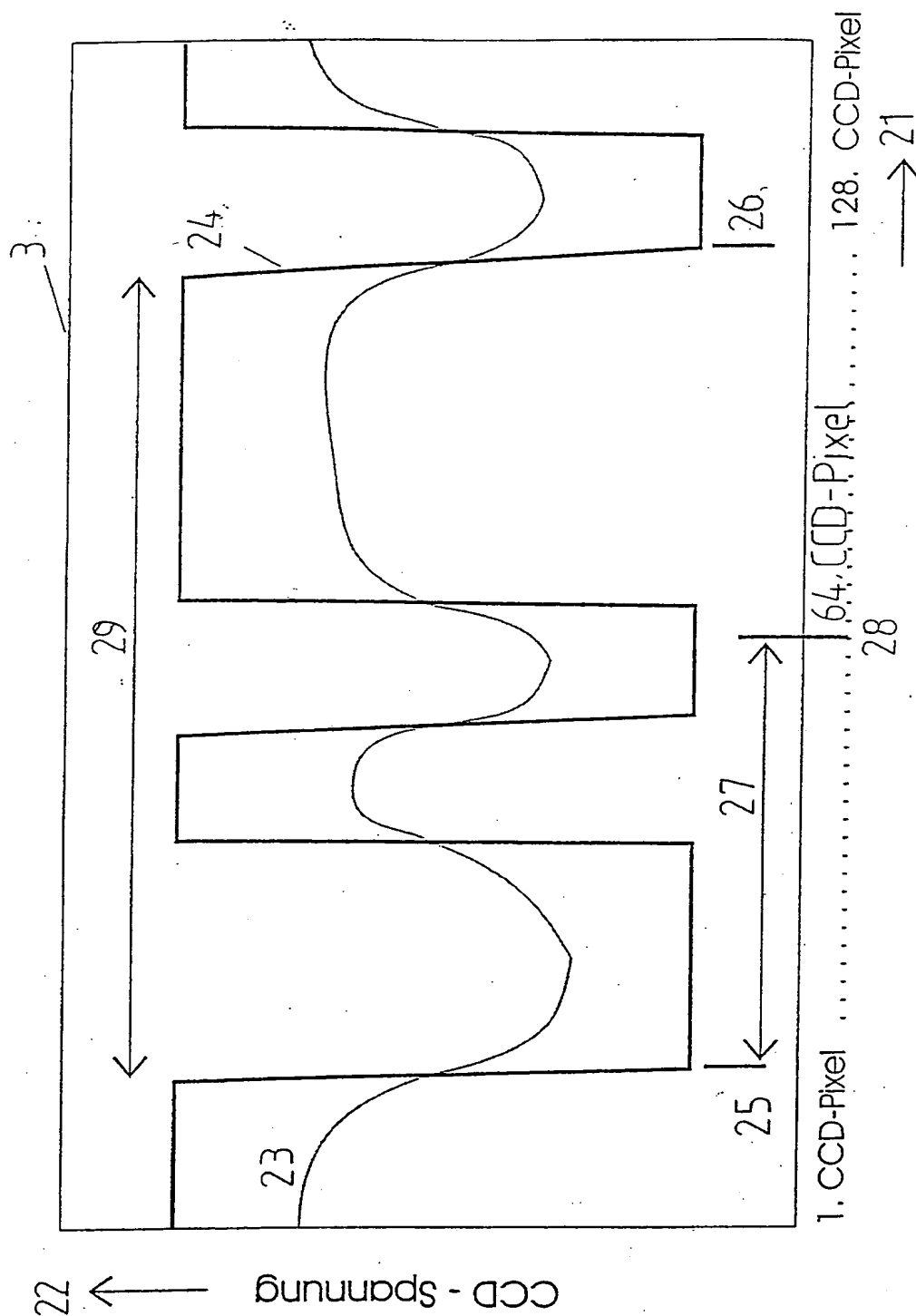


Fig. 1 a

BEST AVAILABLE COPY

Fig. 2



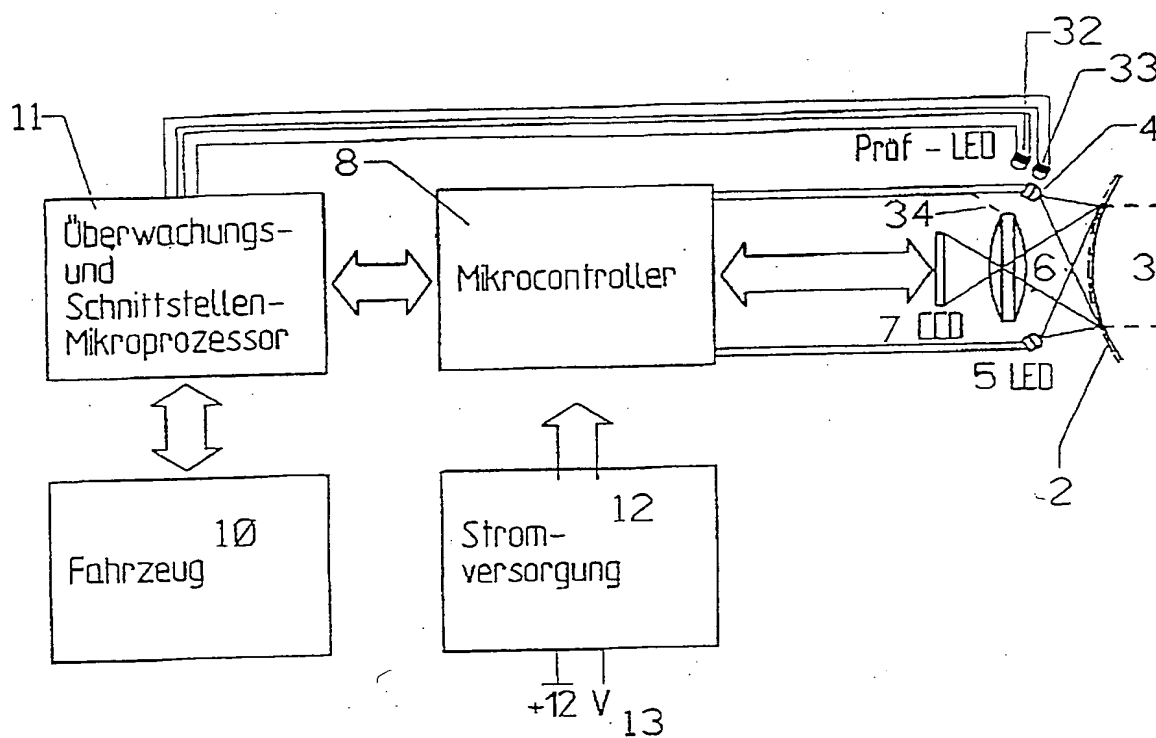


FIG. 3

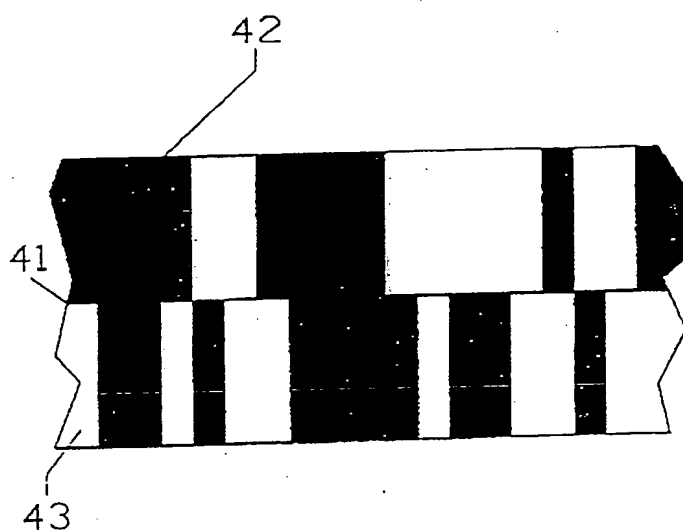


FIG. 4

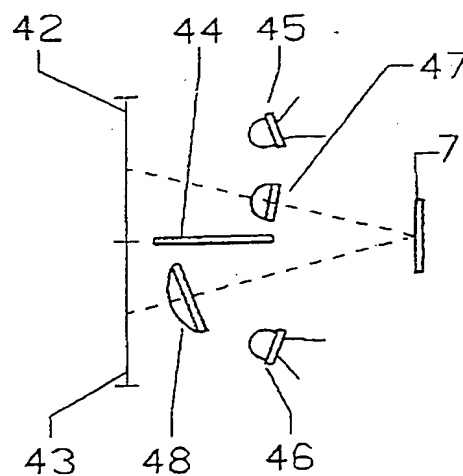


FIG. 4a

BEST AVAILABLE COPY

Fig. 5

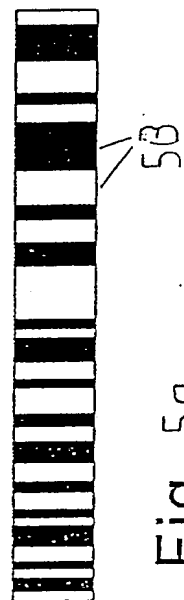
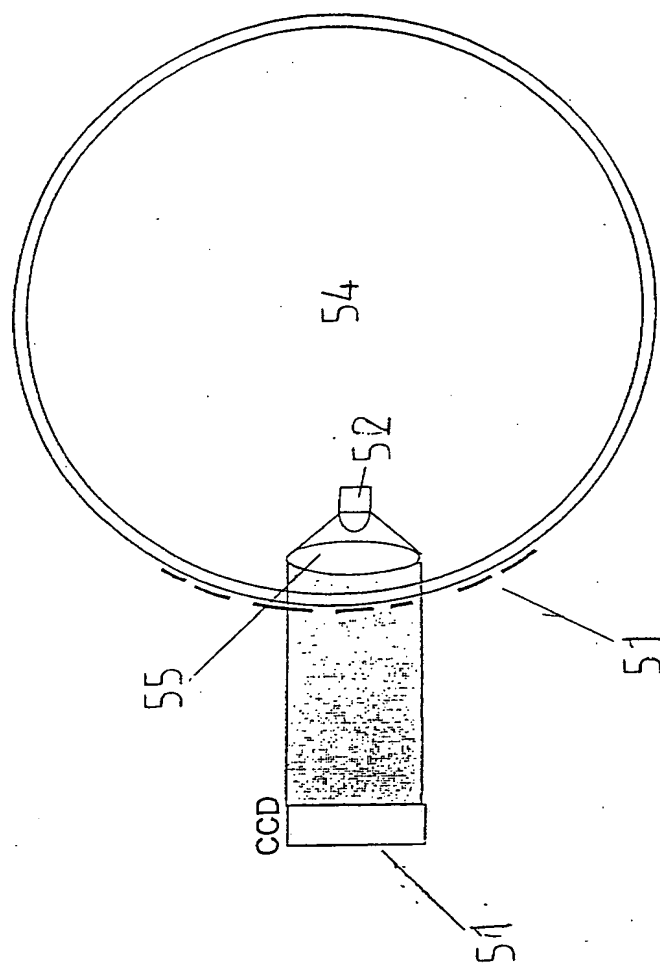


Fig. 5a

BEST AVAILABLE COPY

Fig. 7

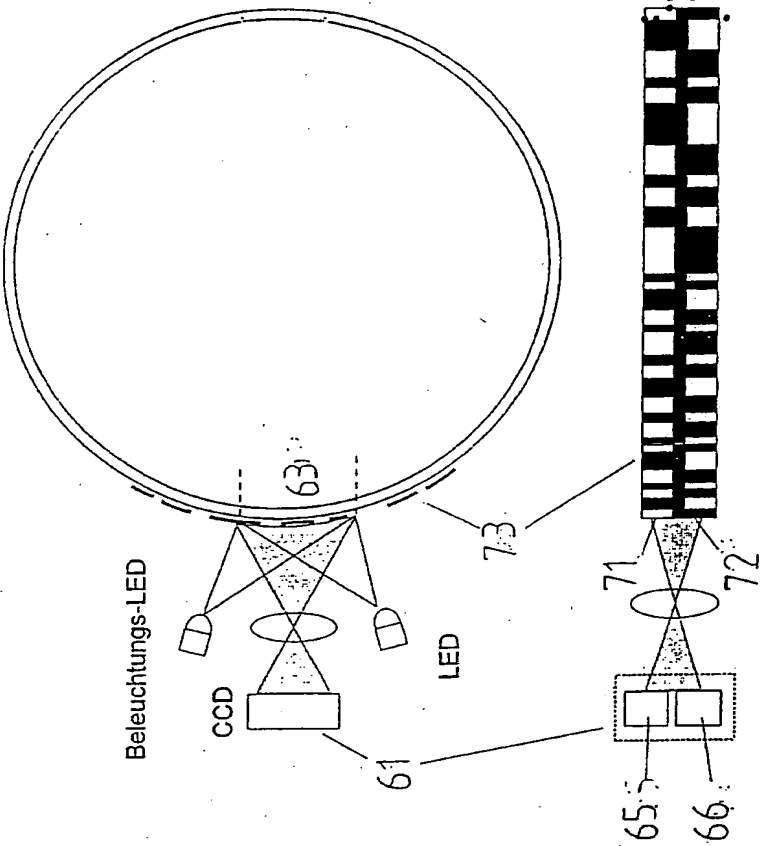


Fig. 7a

Fig. 6

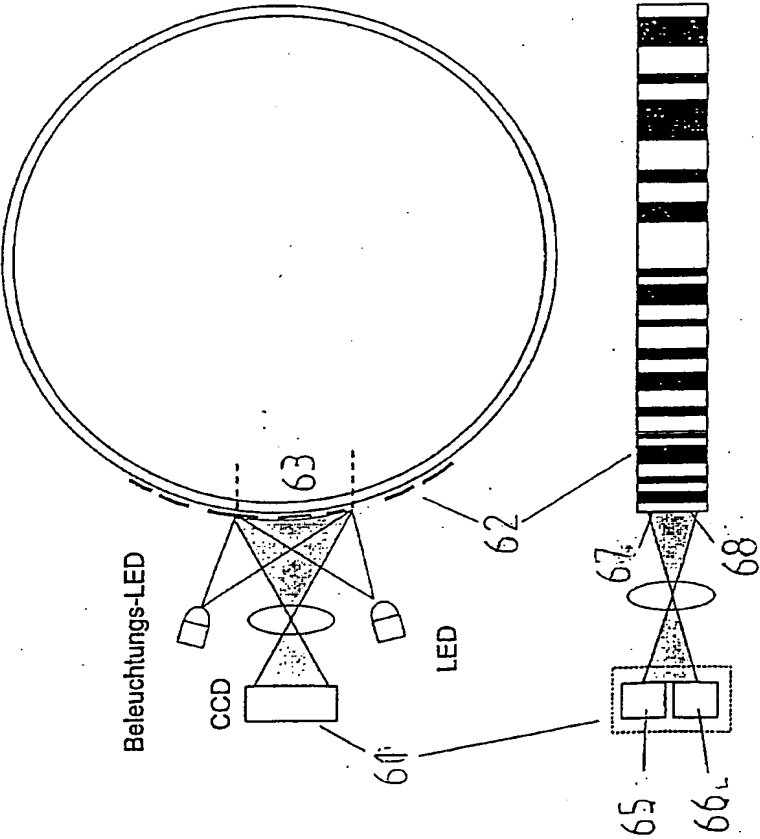
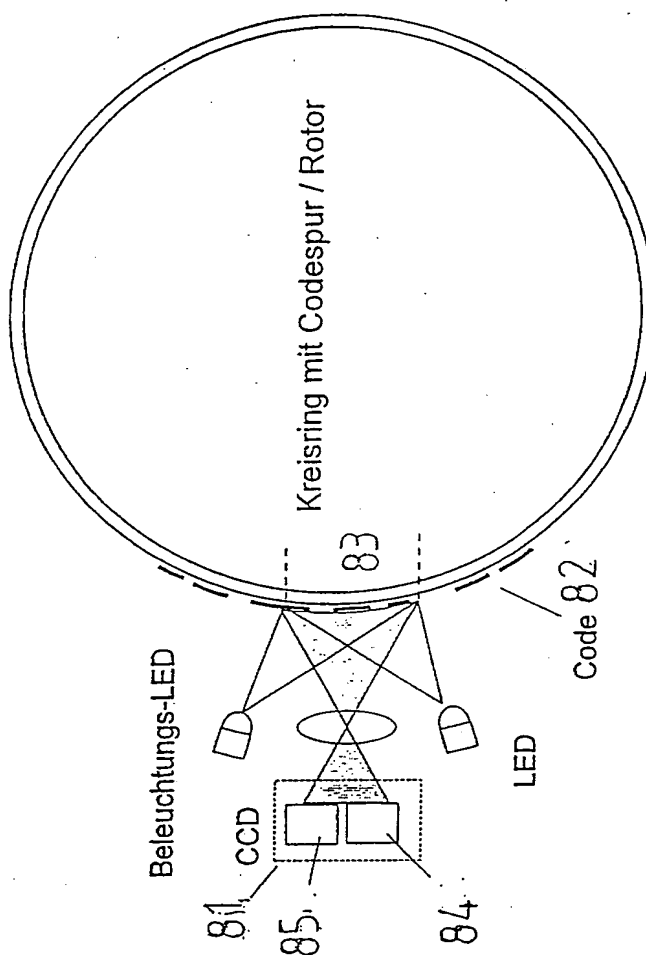


Fig. 6a

BEST AVAILABLE COPY

Fig. 8



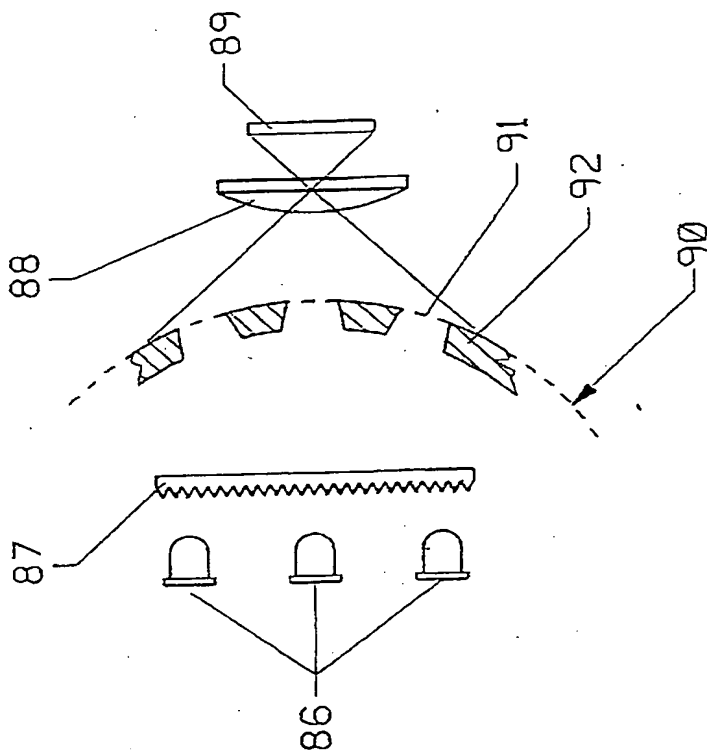
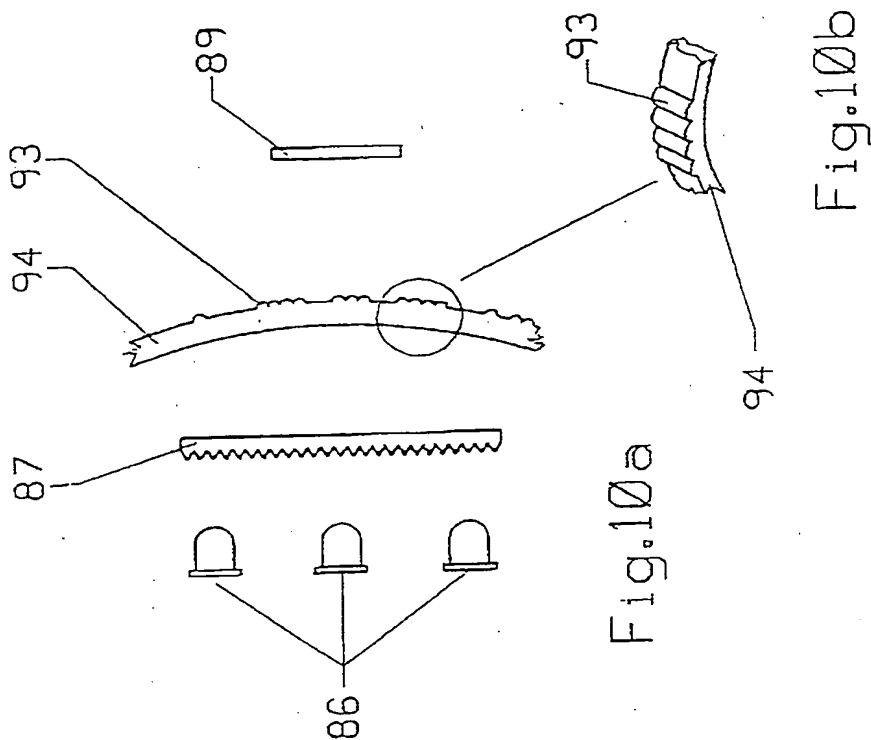


Fig. 9

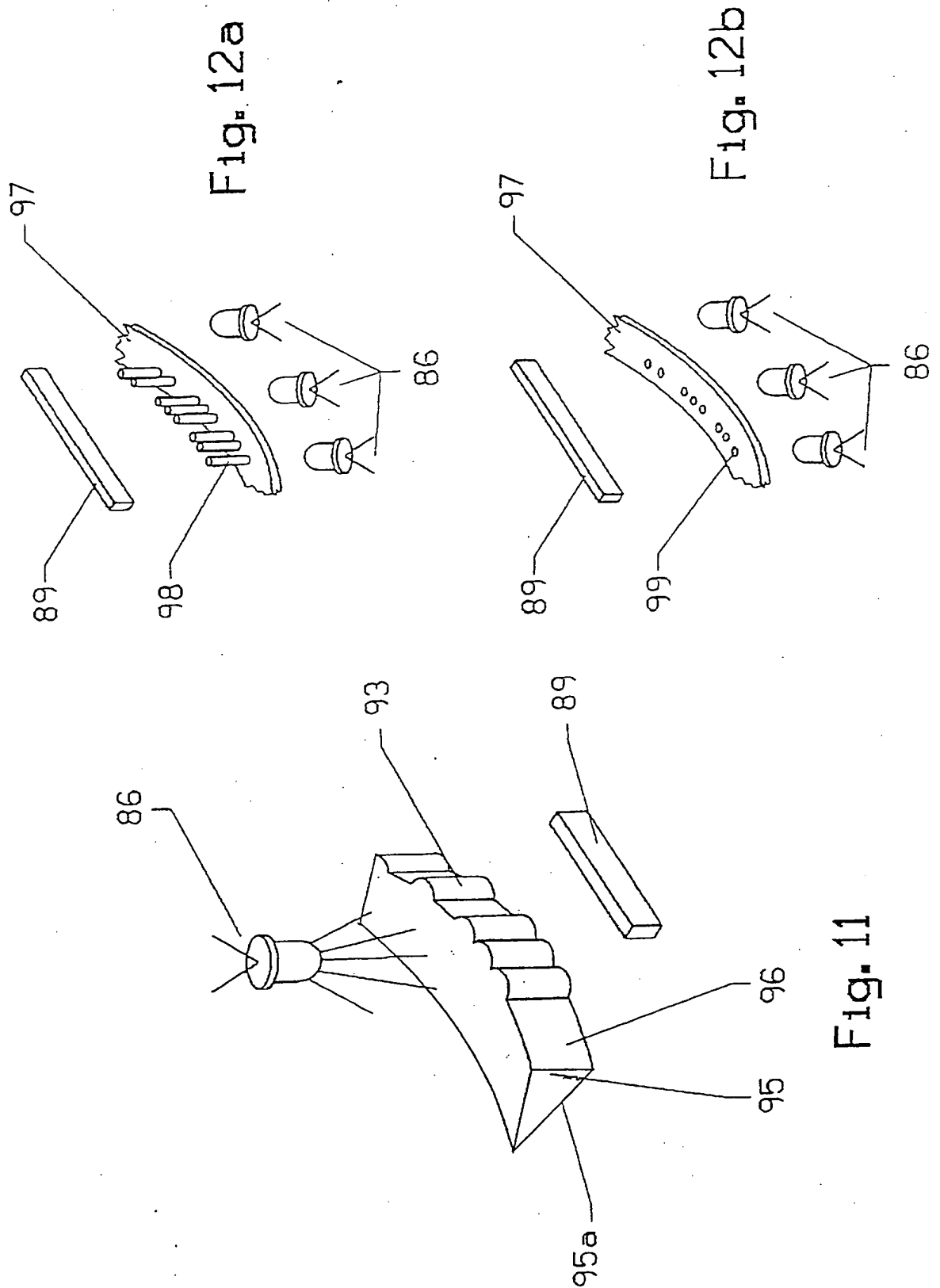
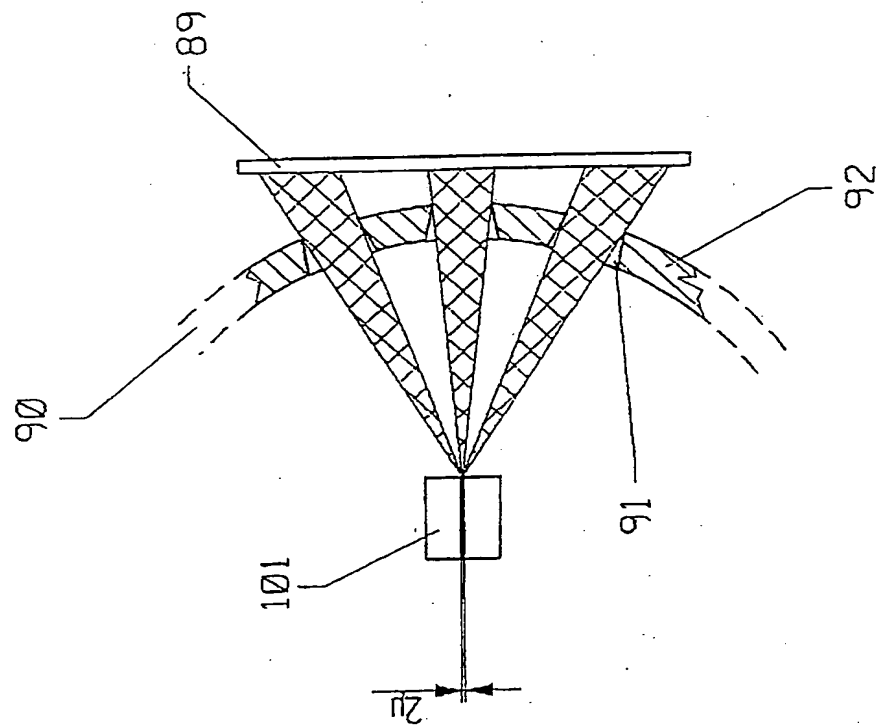
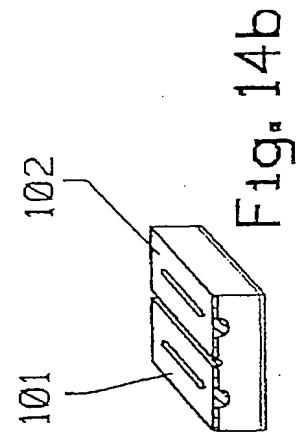
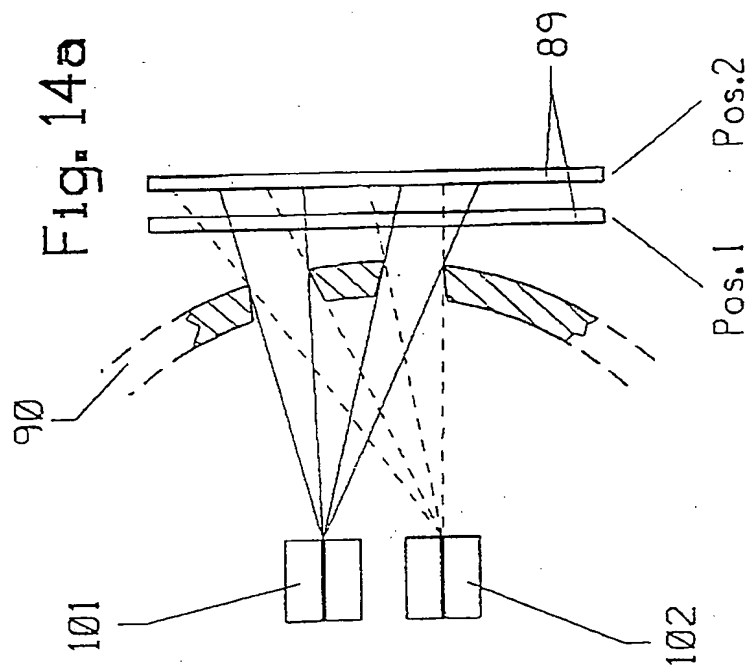


Fig. 11



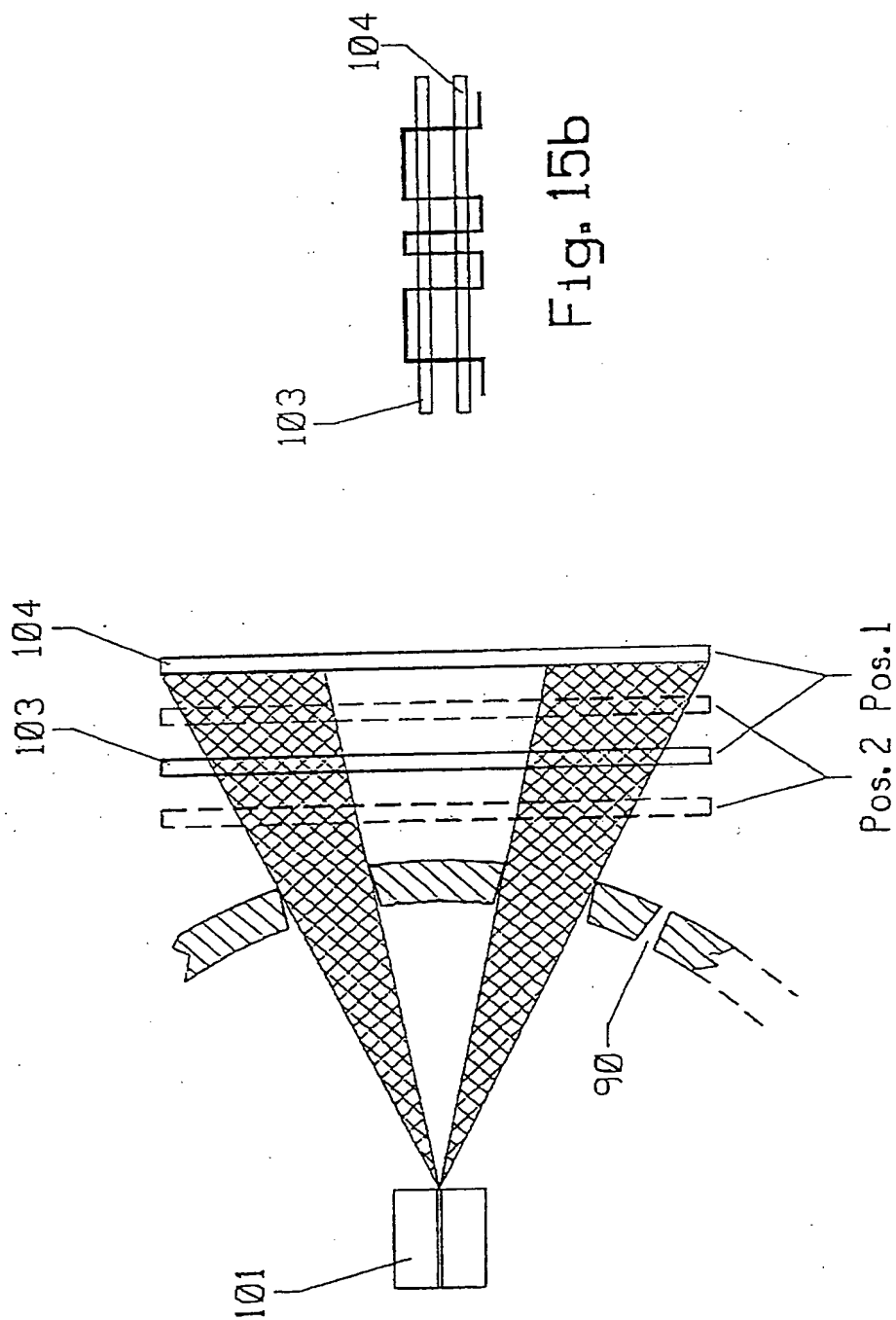


Fig. 15a

Fig. 15b

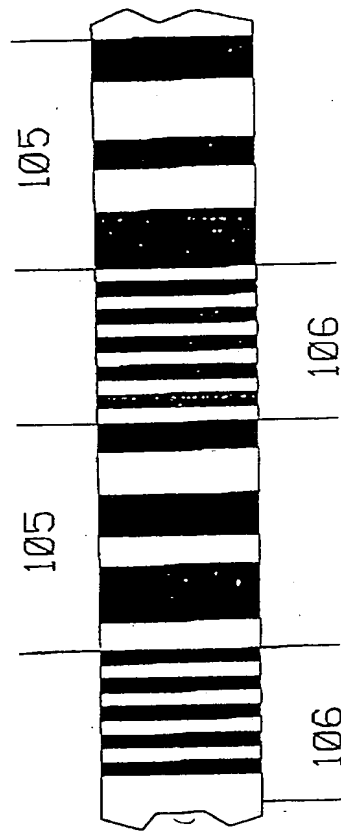


Fig. 16

BEST AVAILABLE COPY

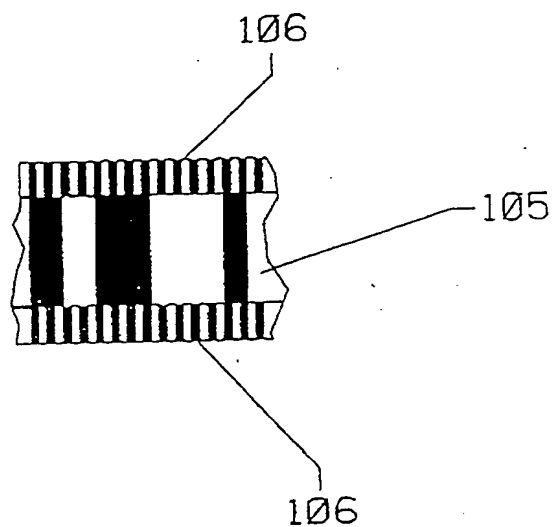


Fig. 17

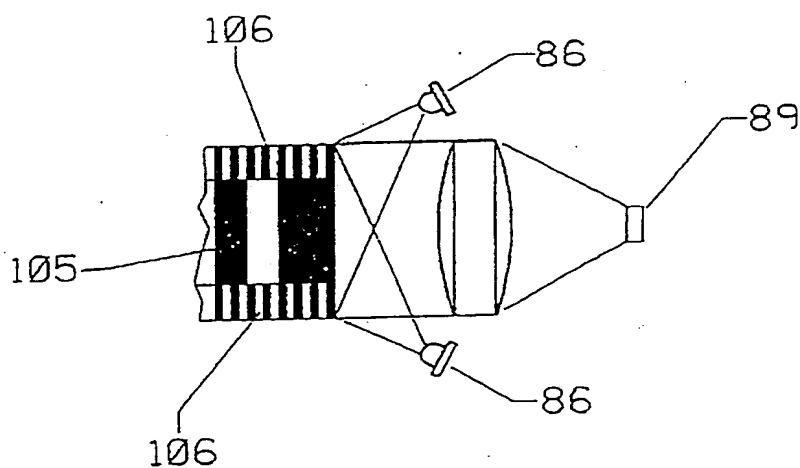


Fig. 18

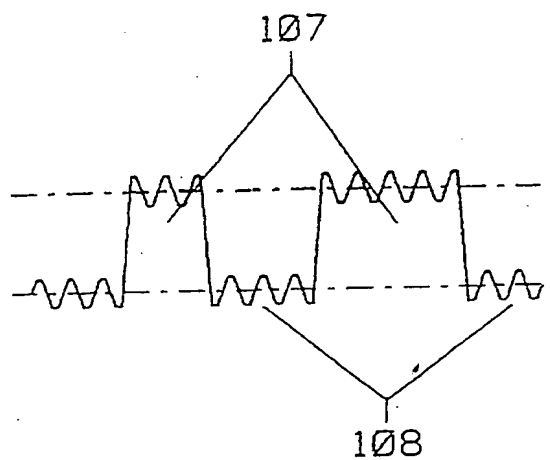


Fig. 19

BEST AVAILABLE COPY